



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

DENISE MARQUES DA NÓBREGA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA DURANTE O
CONGELAMENTO DA MAÇÃ E DO CAJU**

**CAMPINA GRANDE
2017**

DENISE MARQUES DA NÓBREGA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA DURANTE O
CONGELAMENTO DA MAÇÃ E DO CAJU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Profa. Dr^a. Ângela Maria Santiago.

**CAMPINA GRANDE
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

N337a Nóbrega, Denise Marques da.
Avaliação de métodos de inativação enzimática durante o congelamento da maçã e do caju [manuscrito] / Denise Marques da Nóbrega. - 2017.
36 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação: Profa. Dra. Ângela Maria Santiago, Departamento de Química Industrial".

1. Branqueamento. 2. Escurecimento enzimático. 3. Fruticultura. 4. Vegetais. I. Título.

21. ed. CDD 664

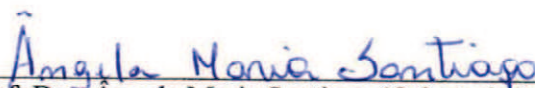
DENISE MARQUES DA NÓBREGA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA DURANTE O
CONGELAMENTO DA MAÇÃ E DO CAJU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em **Química Industrial** da
Universidade Estadual da Paraíba, em
cumprimento à exigência para obtenção do grau de
Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 17/05/2017.

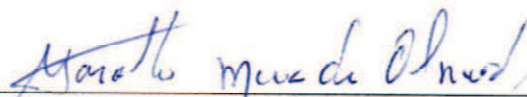
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Ângela Maria Santiago (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Pablicia Oliveira Galdino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Marcelo Maia de Almeida
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que de forma singular me conduziu até aqui e me deu forças em todos os momentos para nunca desistir das minhas metas.

Aos meu pais, Francisca Telma Marques da Nóbrega e Helbo Caetano da Nóbrega, por todo apoio, carinho, amor, paciência e dedicação.

Aos meus irmãos, Giovani Marques da Nóbrega e Lorena Marques da Nóbrega, pelo apoio e carinho para com a irmã mais nova.

Ao grande homem, esposo, Robson Allisson Soares Moreira, que sempre esteve ao meu lado me ajudando a encarar as dificuldades que a vida, seja acadêmica ou pessoal, nos proporciona. Muito obrigada pelo suporte, carinho, amor, companheirismo e principalmente pela paciência.

À Professora Dra. Ângela Maria Santiago por me acompanhar nessa trajetória com as orientações, pelos ensinamentos passados e toda sua disponibilidade e apoio na elaboração desse estudo.

Aos professores participantes da banca examinadora, Dra. Pablícia Oliveira Galdino e o professor Dr. Marcello Maia de Almeida, pela disponibilidade e pelas contribuições acerca do estudo.

A todos os professores e funcionários da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) que passaram na minha caminhada acadêmica ajudando e contribuindo para minha formação.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente contribuíram para o andamento desse trabalho, meu muito obrigada.

“Se não houver frutos, valeu a beleza das flores;
Se não houver flores, valeu a sombra das folhas;
Se não houver folhas, valeu a intenção da
semente.”

(Henfil)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVO GERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1 FRUTICULTURA BRASILEIRA	9
2.2 CAJU	10
2.3 MAÇÃ	10
2.4 ENZIMAS	11
2.4.1 Alterações dos vegetais causadas por enzimas	12
2.4.2 Escurecimento enzimático	12
2.5 MÉTODO DE INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA	13
2.5.1 Branqueamento	13
2.6 MÉTODO DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS-CONGELAMENTO	14
3. METODOLOGIA	15
3.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	15
3.2 ETAPAS PARA A APLICAÇÃO DO MÉTODO DE BRANQUEAMENTO	15
3.2.1 Matéria-prima	15
3.2.2 Seleção, lavagem e preparo das frutas	15
3.2.3 Métodos de inativação enzimática, acondicionamento e congelamento	15
3.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE EM BAIXA TEMPERATURA	16
3.3.1 Caracterização físico-química das frutas	17
3.3.1.1 Teor de Água	17
3.3.1.2 Cinzas	17
3.3.1.3 pH	18
3.3.1.4 Determinação de Acidez Titulável	18
3.3.1.5 Sólidos solúveis totais (°Brix)	18
3.3.1.6 Açúcares redutores	19
3.3.1.7 Determinação do Ácido Ascórbico	19
3.3.1.8 Determinação da Cor	20

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FRUTAS IN NATURA	20
4.2 RESULTADOS QUALITATIVOS DOS TESTES ENZIMÁTICOS.....	21
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E FÍSICA DAS FRUTAS DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	31

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA DURANTE O CONGELAMENTO DA MAÇÃ E DO CAJU

Denise Marques da Nóbrega

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar métodos de inativação enzimática em frutas tais como maçã e caju quando submetidas ao armazenamento por congelamento. Foram testados dois métodos: método de branqueamento por imersão e a vapor em três intervalos de tempos diferentes 3, 4 e 5 minutos. Foi selecionado o melhor tempo e o processo aplicado nas duas frutas. Foram realizadas análises física e físico-química quanto aos parâmetros de: teor de água (%), cinzas (%), pH, acidez total titulável (g do ácido/100g), sólidos solúveis (°Brix), açúcares redutores em glicose (%), ácido ascórbico (mg/100g) e cor nas frutas *in natura*, antes do congelamento (considerado como tempo zero) e a cada 30 dias durante um período de armazenamento de 120 dias na temperatura de $-18 \pm 2^\circ\text{C}$. O melhor tempo e método aplicado em ambas as frutas maçã e caju foi o branqueamento por imersão por 3 minutos. Os resultados das caracterizações física e físico-química realizadas nas frutas durante o período de armazenamento apresentaram alterações nos parâmetros analisados. Entretanto, com relação ao ácido ascórbico apesar de ter ocorrido uma diminuição, ainda é considerado bastante significativo.

Palavras-Chave: Branqueamento. Vegetais. Escurecimento Enzimático

1. INTRODUÇÃO

As frutas são alimentos importantes para melhoria da qualidade de vida e pode inclusive contribuir na prevenção de doenças, desempenhando, portanto, papel fundamental em uma dieta saudável por serem ricas em vitaminas, fibras e minerais. Em virtude disso, têm estimulado o crescimento econômico mundial desse mercado, tendo como exemplo a produção agrícola da maçã e do caju (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2010).

Desde a década de 70 a produção de maçã no Brasil vem apresentando um crescimento significativo (FIORAVANÇO; LAZZAROTTO, 2012). Também está inserido nesse contexto o caju que possui um alto grau de importância econômica a nível Nordeste por se tratar de uma das principais atividades agroindustriais desta região (LEITE et al., 2013). Apesar da relevante contribuição socioeconômica que esse tipo de mercado oferece, existem fatores externos envolvidos desde o processo de colheita até a comercialização, tais como: o manuseio, o transporte e o armazenamento que promovem a perda de qualidade desse produto ocasionando

desperdícios pós-colheita. Além disso, pode-se observar a rejeição do consumidor quando o produto apresenta algumas deformações, fissuras, coloração e outros aspectos visuais indesejáveis que corroboram também com o aumento nos índices de perdas pós-colheita de produtos agrícolas (DA SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009; LOIZZO; TUNDIS; MENICHINI, 2012).

Existe uma perda de aproximadamente 50% das frutas tropicais devido às reações catalisadas por enzimas as quais são responsáveis pelo escurecimento das mesmas. A reação de escurecimento em vegetais é resultado de um processo enzimático a qual proporciona perdas econômicas significativas, sendo esse um dos grandes problemas a serem gerenciados pelas indústrias de alimentos. Esse escurecimento ocorre devido à presença da enzima polifenoloxidase (PPO) que catalisa a oxidação de compostos fenólicos presentes nas frutas, produzindo pigmentos escuros, chamados de melanina comprometendo, portanto, as suas características sensoriais e nutricionais (CLERICI et al., 2014).

A necessidade de preservar a qualidade nutricional e o melhor aspecto visual das frutas estimulou o desenvolvimento de novas técnicas que visam o aumento do tempo de vida útil inibindo ou inativando essas enzimas por meio de métodos químicos e/ou físicos os quais contribuem também para redução do desperdício desses alimentos (SANTIAGO, 2008).

Dentre as técnicas que podem preservar as características sensoriais em especial, a cor, das frutas pode-se citar os métodos químicos nos quais se utilizam aditivos, tais como: dióxido de enxofre e seus derivados, ácido ascórbico e ácido cítrico para inibir a ação das enzimas, e os métodos físicos como: exclusão do oxigênio por embalagem a vácuo, o uso de atmosfera modificada, revestimentos comestíveis, irradiação gama, tratamentos de alta pressão hidrostática ou por meio do tratamento térmico, como por exemplo, o branqueamento (DE OLIVEIRA et al., 2008; DENOYA et al., 2012).

O branqueamento é um tratamento térmico no qual o binômio temperatura e tempo são considerados parâmetros fundamentais, sendo um dos métodos mais populares aplicado a frutas, antes do congelamento e secagem, para prevenir o desenvolvimento de uma pigmentação escura ocasionada pela ação enzimática, tendo em vista que as temperaturas desses processos não são suficientes para inativar as enzimas responsáveis por esta alteração (IOANNOU; GHOUL, 2013).

Portanto, o emprego de tecnologias para sua conservação deve ser amplamente estudado já que a maçã e o caju são frutas que possuem relevância socioeconômica destacada no Brasil.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência dos métodos de branqueamento antes e durante o processo de congelamento das frutas: maçã e caju.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar os métodos de branqueamento (imersão e a vapor) em temperaturas e tempos diferentes na maçã e no caju;
- Selecionar o método mais eficiente utilizando o teste da enzima peroxidase;
- Monitorar o armazenamento por congelamento durante o período de 120 dias na temperatura de $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Realizar análises física e físico-química das frutas *in natura* e a cada 30 dias durante o armazenamento quanto aos parâmetros: teor de água, cinzas, pH, sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), açúcares redutores, acidez total titulável, ácido ascórbico e cor.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FRUTICULTURA BRASILEIRA

No Brasil, a fruticultura vem ganhando espaço na agroindústria devido à grande diversidade de frutas e, conseqüentemente, se tornando uma importante fonte de renda para os produtores locais (SUCUPIRA et al., 2012). O setor fruticultor emprega quase um terço da mão de obra agrícola do país. Nesse contexto, o consumo de frutas vem aumentando e, portanto, estimulando o mercado interno e externo. Em 2015, a produção de frutas frescas foi de aproximadamente 43 milhões de toneladas, desse total 819,630 mil toneladas foram direcionadas às exportações de frutas frescas e processadas, ou seja, um aumento de 11,44% em volume comparado ao ano de 2014 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016).

As frutas possuem um valor nutricional importante no cardápio brasileiro por serem ricas em fibras, minerais e compostos antioxidantes (IOANNOU; GHOUL, 2013). Devido à presença desses nutrientes, seu consumo tornou-se necessário na promoção da saúde. Além disso, a atenção para este tipo de alimento ganhou força desde que evidências apontaram que seu consumo contínuo pode contribuir para a redução de mortalidades associadas à algumas doenças crônicas (MELO et al., 2008).

Embora haja um aumento gradativo na produção e no consumo desses produtos agrícolas, há também um crescente desperdício gerado em função do manuseio, transporte, armazenamento e/ou distribuição. De acordo com os dados divulgados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (2013), mundialmente é desperdiçado a cada ano o equivalente a cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos, sendo aproximadamente 50% referente à frutas, hortaliças, raízes e sementes oleaginosas. Além disso, o consumidor também contribui agravando esse quadro por rejeitar determinadas frutas que não se encaixam nos padrões visuais de sua exigência, tais como: cor e textura.

2.2 CAJU

O caju (*Anacardium occidentale L.*) tem sua produção destacada na Região Nordeste, sendo uma importante fonte de renda para os produtores locais (ALMEIDA et al., 2011), gerando nessa região cerca de 300 mil empregos distribuídos desde os corretores de castanha até os distribuidores do caju de mesa (CODEVASF, 2012).

É uma fruta tropical constituída pelo fruto verdadeiro, a castanha, e o pseudofruto hipertrofiado, o pedúnculo que segundo Alves, Machado e Queiroga (2011), além de ser a parte carnosa e saborosa da fruta apresenta um elevado teor de vitamina C, aproximadamente 164,2 mg/100g de vitamina C. Além disso, o caju tem um elevado teor de sais minerais, como por exemplo, ferro, cálcio e fósforo (MOURA, 2012).

Apesar da amêndoa ser o principal produto explorado nas atividades agroindustriais, existem diversas formas de aproveitamento industrial do pedúnculo como doces, polpas, sucos, néctares, refrigerantes, entre outros (MEDEIROS et al., 2012).

2.3 MAÇÃ

A cadeia produtiva da maçã é de grande importância para a fruticultura brasileira, possuindo uma produção e expansão consolidadas por mais de 20 anos (BITTENCOURT et al., 2011).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016), a produção da maçã obtida no decênio 2006/2015 aumentou de 863 mil para 1,3 milhões de toneladas. Dentre as variedades produzidas no Brasil, a Gala e Fuji são as mais comercializadas devido sua maior aceitação no mercado nacional e internacional (CARDOSO et al., 2015).

De acordo com Santos (2013), essa fruta possui um alto valor nutricional de vitaminas e minerais, principalmente vitaminas B, C e E, e potássio, respectivamente. Seu consumo está associado a prevenção e ao combate de várias doenças; estudos relacionam a ingestão da maçã no auxílio da digestão, controle do colesterol e atuação contra a diarreia e reumatismo. Além disso, a pectina presente na fruta atua no controle da glicemia e na prevenção de infecções de garganta (ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ, 2016).

A maçã oferece perspectiva promissora na cadeia agroalimentar brasileira, sendo bastante vendido para consumo *in natura*, assim como oferecendo diferentes possibilidades de industrialização seja como geléias, sucos, vinhos, vinagres, ou até mesmo desidratadas, congeladas e enlatadas (RECH; CARIO e AUGUSTO, 2014).

2.4 ENZIMAS

Enzimas são proteínas que possuem funções catalisadoras, ou seja, estimulam ou desencadeiam reações bioquímicas que são essenciais para a vida. Esses biocatalisadores biológicos estão presentes em todos os sistemas biológicos e são produzidos por organismos vivos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2014).

Uma das principais características das enzimas é sua especificidade realizando reações químicas específicas dependendo do composto ou substrato associado (OLIVEIRA JÚNIOR, 2014; KUMAR, 2014). Essas reações são aceleradas em determinadas condições de pH, temperatura, meio iônico, entre outros que acontecem nos animais e vegetais.

As enzimas são muito importantes para várias aplicações industriais, principalmente para utilização na tecnologia dos alimentos seja na panificação, fabricação de cerveja e queijo, produção de suco de frutas, entre outros (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

2.4.1 Alterações dos vegetais causadas por enzimas

A manutenção da cor é um dos fatores relevantes no qual determinam a qualidade das frutas. É um dos atributos que mais chamam a atenção do consumidor. Durante a colheita até o processamento e armazenamento mudanças na coloração dos frutos podem ser observados, acarretando a queda de qualidade e a redução no tempo de prateleira do mesmo, portanto, quando não se utiliza métodos de inativação ou inibição enzimática a elaboração de produtos derivados pode se tornar um grande desafio no setor industrial (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

As reações enzimáticas são responsáveis tanto pela formação de compostos desejáveis como por exemplo no amadurecimento das frutas, como também resultam em consequências indesejáveis, tais como o escurecimento de frutas e vegetais, podendo contribuir para o aparecimento de odores estranhos e lignificação da parede celular, podendo gerar perdas econômicas, diminuir seu valor nutricional e ocasionar alterações no sabor e na aparência (FENNEMA, 2010).

2.4.2 Escurecimento enzimático

As frutas por serem altamente perecíveis tornam-se susceptíveis a deterioração, principalmente quando são minimamente processadas. Os processos degradativos nas frutas se iniciam desde a colheita e podem ser acelerados quando cortadas, trituradas ou transportadas inadequadamente, favorecendo a ação de enzimas responsáveis pelo escurecimento das mesmas.

O escurecimento enzimático é um fator que limita a vida pós-colheita de frutas e hortaliças quando minimamente processadas. Esse é um fenômeno que ocorre quando as células desses vegetais são rompidas, ou seja, quando suas superfícies sofrem algum dano como corte, trituração ou esmagamento (OLIVEIRA et al., 2008).

A intensidade da formação dessa pigmentação mais escura é influenciada principalmente pelas enzimas (polifenoloxidasas, fenalases e polifenolases), quantidade de oxigênio, assim como também pela concentração do substrato (VITTI et al., 2011). De acordo com Ioannou e Ghoul (2013), os substratos que se encontram nos vacúolos ficam separados das enzimas as quais ficam armazenadas nos plastos, havendo formação de pigmentos escuros, chamados de melanina, quando a enzima entra em contato com seu substrato na presença de oxigênio. Basta

alterar um desses fatores para que a reação de escurecimento nos vegetais não ocorra, por exemplo, remover o O₂, inibir ou inativar as enzimas por meio de emprego de agentes químicos ou temperaturas.

Essas enzimas não pertencem à classe de enzimas estáveis ao calor, quando expostas a temperaturas de 70 a 90°C por um curto período de tempo, são na maioria dos casos, destruídas parcial ou total em relação a sua função catalítica (SANTOS et al., 2008). Portanto é de extrema importância o emprego de técnicas que possam minimizar ou evitar esta alteração preservando assim o máximo as suas características sensoriais e nutricionais.

2.5 MÉTODO DE INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA

O calor é provavelmente o meio mais simples e mais utilizado para a inativação das enzimas indesejáveis no processamento de alimentos e tem sido comercialmente utilizado em larga escala por meio do processo de branqueamento, quando do preparo de vegetais a serem conservados.

2.5.1 Branqueamento

O branqueamento é um tratamento térmico que consiste em inativar enzimas responsáveis pelo escurecimento em vegetais utilizando água quente ou a vapor em tempos e temperaturas pré-estabelecidos para que assim não ocorram perdas significativas na qualidade e nas propriedades sensoriais do alimento (SUCUPIRA; XEREZ; SOUSA, 2012). Além disso, é um método que geralmente antecede os processos de congelamento, liofilização e secagem, pois as temperaturas nesses processos não são suficientes para inativar as enzimas presentes nesses alimentos (IOANNOU; GHOUL, 2013).

Após o branqueamento o alimento deve ser rapidamente resfriado em água gelada para interromper o excesso de calor para não comprometer consideravelmente suas características sensoriais, assim como, para evitar contaminação por termófilos. Este resfriamento pode ser realizado por meio de imersão do alimento na água fria ou por aspersores de água fria os quais são colocados na saída dos branqueadores (SANTIAGO, 2008).

O binômio tempo e temperatura são parâmetros importantes no branqueamento para preservação das características sensoriais e nutricionais dos alimentos. Portanto utiliza-se a

atividade da enzima peroxidase (POD) como indicadora no monitoramento da eficiência do mesmo, pois são enzimas termoresistentes e capazes de manter atividade em temperaturas em torno de 80°C. Quando o tratamento térmico for muito severo o produto perde completamente as suas características sensoriais como, por exemplo, a textura, além do seu valor nutricional, prejudicando dessa forma a sua qualidade (CLERICI et al., 2014).

2.6 MÉTODO DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS-CONGELAMENTO

O processo de congelamento é uma prática muito utilizada para a conservação de um produto, pois além de minimizar as atividades microbiológicas e enzimáticas prolongando sua vida de prateleira, promove transformações mínimas no seu valor nutritivo e sensorial (BRITO, 2013).

O congelamento é uma operação unitária em que a temperatura do alimento se reduz abaixo do seu ponto de congelamento, a qual uma proporção elevada da água, muda de estado formando cristais de gelo. É o tratamento de frio destinado aos alimentos que necessitam maior período de conservação. Quanto menor a temperatura de armazenamento, mais lenta será a atividade enzimática, até um determinado ponto, onde ocorre uma paralisação quase que total utilizando em média, temperaturas entre -10 e -40°C (SANTIAGO, 2008).

No congelamento, com a formação dos cristais de gelo, grande parte da água é imobilizada. Desse modo, há paralisação do crescimento microbiano, das reações químicas, embora lentamente continue as reações catalisadas por enzimas. Portanto, o que impede a multiplicação microbiana é a baixa atividade de água (A_w) e não as baixas temperaturas (PROVESI; AMANTE, 2015).

O congelamento pode ser realizado por vários métodos, como: congelamento pelo resfriamento com o ar estático (lento). No congelamento lento a temperatura vai decrescendo gradativamente até chegar ao valor desejado. Haverá formação de cristais grandes de gelo no interior da célula, mas principalmente nos espaços intercelulares. Esses cristais podem comprometer fisicamente a célula e, assim, podem causar reações indesejáveis (BRITO, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba/PB (UEPB) e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba.

3.2 ETAPAS PARA A APLICAÇÃO DO MÉTODO DE BRANQUEAMENTO

3.2.1 Matéria-prima

As frutas maçã e caju foram adquiridas na feira livre na cidade de Campina Grande–PB.

3.2.2 Seleção, lavagem e preparo das frutas

Primeiramente, as frutas foram selecionadas conforme seu estágio de maturação, maduro. Em seguida foram lavadas em água de abastecimento, imersas em solução de hipoclorito de sódio a 20% por 15 minutos, lavadas novamente para remoção da solução sanitizante e cortadas em rodela com 1cm de largura. Após o corte, as amostras foram submetidas as análises física e físico-química de: cor, teor de água, cinzas, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, açúcares redutores e ácido ascórbico.

3.2.3 Métodos de inativação enzimática, acondicionamento e congelamento

Os métodos de inativação enzimática realizados nesta pesquisa foram: branqueamento por imersão e a vapor. Inicialmente, foi aquecida uma panela com água em fogão a gás que após fervura foi colocado uma porção de maçã, de forma a ficar submersa. Sucessivamente, depois de completado o tempo de 3, 4 e 5 minutos, foram retiradas as amostras – para cada intervalo diferente – e colocadas em um banho de gelo para evitar o cozimento excessivo. Em seguida,

foram transferidas para uma peneira para drenar a água, após esse processo foi realizado o teste de guaiacol para avaliar aquelas amostras que não apresentaram coloração marrom avermelhada indicando, portanto, a inativação da enzima peroxidase e o melhor tempo de branqueamento. O mesmo procedimento foi repetido para as amostras de caju. Para o branqueamento a vapor, foram realizadas as mesmas etapas do método por imersão, porém a diferença foi que as amostras foram colocadas em banho-maria nos tempos anteriormente citados.

Após a determinação do melhor tempo de branqueamento e cor das frutas, novas amostras foram branqueadas nas melhores condições em maior quantidade, sendo separadas em 5 porções cada fruta. Em seguida foram armazenadas em embalagens plásticas, que foram fechadas após a retirada do ar, rotuladas e estocadas em freezer na temperatura de $-18 \pm 2^\circ\text{C}$. A porção que representava o tempo zero (0), após branqueamento, foi imediatamente separada e realizada as análises físico-químicas.

A Figura 1 exibe as etapas para aplicação dos métodos de branqueamento.

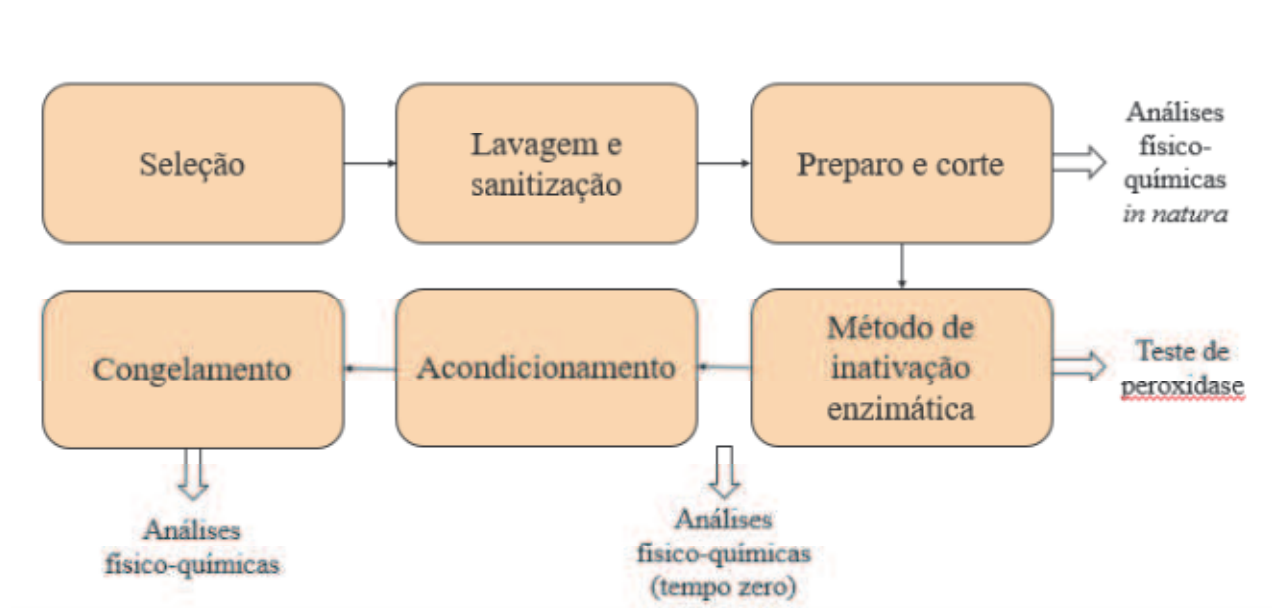


Figura 1 – Fluxograma das etapas para aplicação dos métodos de branqueamento

3.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE EM BAIXA TEMPERATURA

As frutas após o processo de inativação enzimática foram armazenadas no freezer na temperatura de $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ por um período de 120 dias e a cada 30 dias foram realizadas análises físico-químicas em triplicata quanto aos parâmetros de: teor de água (%), cinzas (%), pH, acidez

total titulável (%), sólidos solúveis (°Brix), açúcares redutores em glicose (%) e ácido ascórbico (mg/100g) seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) e a determinação da cor. Todas as análises foram realizadas antes do congelamento, considerado como tempo zero, e durante o período de armazenamento.

3.3.1 Caracterização físico-química das frutas

3.3.1.1 Teor de Água

Na determinação do teor de água foram pesadas 2 g de cada amostra em cápsulas de porcelana previamente taradas. As cápsulas contendo as amostras foram colocadas na estufa a 105°C até peso constante. Em seguida foram resfriadas em dessecador até alcançar a temperatura ambiente e pesadas em balança analítica (BRASIL, 2008). O teor de água foi expresso em base úmida e calculada pela Equação 1.

$$\text{Umidade \%} = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

m_i : massa inicial das amostras (g)

m_f : massa final das amostras (g).

3.3.1.2 Cinzas

Para a determinação das cinzas, foi utilizada a metodologia descrita por Brasil (2008). Foram colocados cadinhos de porcelana vazios na mufla à 550°C por duas horas. Após este período, os cadinhos foram transferidos para um dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesados. Em cada um dos cadinhos, foi colocado 2g da amostra que foi incinerada na mufla à 550°C, por cinco horas ou até apresentarem coloração ligeiramente acinzentadas. Os cadinhos foram novamente deixados em dessecador para esfriar até atingir a temperatura ambiente e, em seguida, pesados. A porcentagem de cinzas das amostras foi calculada pela Equação 2.

$$\text{Cinzas \%} = \frac{m_f}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

m_f : massa final das amostras (g);

m_i : massa inicial das amostras (g).

3.3.1.3 pH

O pH das frutas foi determinado seguindo a metodologia descrita por Brasil (2008), na qual foi colocado 10 mL de água destilada em becker contendo 1 g da amostra. Após completa homogeneização estas suspensões foram deixadas em repouso por 30 minutos. Em seguida foram filtradas em papel de filtro qualitativo e feitas as leituras em pHmetro digital, previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e pH 7,0.

3.3.1.4 Determinação de Acidez Titulável

A determinação da acidez titulável foi determinado conforme descrição em Brasil (2008). Foram pesados 3g da amostra homogeneizada em erlenmeyer e, posteriormente, diluído com 100mL de água destilada. A mistura ficou sob agitação por 10 minutos e, em seguida, foi adicionado 3-5 gotas de fenolftaleína para então ser titulado. Após esse procedimento, foi colocado na bureta uma solução de NaOH a 0,1N previamente padronizado e então sob agitação constante a mistura foi titulada até uma coloração rosa persistente por 30 segundos. Os resultados foram expressos em porcentagem de gramas de ácido cítrico (caju) e ácido málico (maçã) por 100 g da amostra.

3.3.1.5 Sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado conforme descrição em Brasil (2008). Para cada 20 mL de água destilada foi colocado 1 g das amostras. Após homogeneização, as suspensões ficaram em repouso por 30 minutos, com agitação intermitente. Em seguida foram filtradas em papel de filtro qualitativo e do filtrado foram transferidos 3 a 4 gotas para o refratômetro modelo Abbé no qual foram feitas as respectivas leituras do °Brix. Os resultados foram multiplicados pelo fator de diluição.

3.3.1.6 Açúcares redutores

A concentração de açúcares redutores foi determinada seguindo a metodologia descrita por Miller (1959), com algumas adaptações, a qual se baseia na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico a 3-amino-5-nitrosalicílico (DNS), simultaneamente com a oxidação do grupo aldeído do açúcar a grupo carboxílico. Para a quantificação dos açúcares redutores (AR), foi pesado 0,5 g da amostra e adicionou-se um volume de água o qual variou de 100 a 200 mL dependendo do teor de açúcar de cada amostra. A mistura ficou sob agitação por 30 minutos. Após esse período, a mistura foi filtrada com papel de filtro qualitativo e do filtrado foi transferido 1 mL para tubos de ensaio contendo 1 mL da solução DNS. Em seguida, os tubos foram deixados em banho de água fervente por exatamente 5 minutos e imediatamente resfriados em banho de água à temperatura ambiente. Após o resfriamento, foram adicionados 8 mL de água destilada em cada tubo, os quais foram agitados em um vórtex, e em seguida feito a leitura da absorbância das amostras em um espectrofotômetro com comprimento de onda ajustado para 540 nm. Os cálculos foram efetuados expressando os resultados em gramas de açúcares redutores por 100 gramas de amostra inicial ($g_{AR}/100g_{amostra}$).

3.3.1.7 Determinação do Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado pelo método titulométrico de Tillmans, conforme descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985), usando o 2-6-diclorofenol-indofenol (DCFI), que se baseia na redução do DCFI pelo ácido ascórbico. Primeiramente, foi pesado em um erlenmeyer 2g da amostra e com o auxílio de uma pipeta volumétrica foi acrescentado 50mL de ácido oxálico a 1%. A mistura ficou sob agitação por 10 minutos e, em seguida, foi titulado com DCFI previamente padronizado, sendo detectado o ponto de viragem da solução quando passou de incolor para uma coloração rosa e persistiu por 30 segundos. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g da amostra.

3.3.1.8 Determinação da Cor

As medições de cor foram realizadas por meio de análise direta em um colorímetro de marca Hunter Lab, modelo MiniScan XE Plus. O equipamento foi previamente calibrado utilizando-se padrões de cor fornecidos pelo fabricante. O ângulo do observador utilizado foi o de 10°, o qual representa da melhor forma a resposta espectral de observadores humanos. O iluminador escolhido foi o D65, que representa a luz do sol ao meio dia ao redor do mundo. A determinação de cor foi através da escala de cores internacional CIE Lab (Commissione Internationale L'Clairage), que utiliza as coordenadas: L* que representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco); a* que representa uma escala de verde (-a*) a vermelho (+a*) e b* que representa uma escala de azul (-b*) a amarelo (+b*). As análises foram feitas em triplicata, obtendo-se a média destas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os resultados das análises físico-químicas realizadas na maçã e no caju *in natura*, respectivamente.

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FRUTAS *IN NATURA*

TABELA 1: Resultados das análises físico-químicas da maçã *in natura*

Análises	In natura
Teor de água (%)	88,26±0,82
Cinzas (%)	2,06±0,32
pH	4,30±0,01
ATT (%ácido málico/100g)	0,19±0,11
SST (°Brix)	12,12±0,43
AR (g/100g)	7,35±0,01
AA (mg/100g)	6,04±0,00

Dados expressos como média de triplicata ± desvio padrão.

TABELA 2: Resultados das análises físico-químicas do caju *in natura*

Análises	In natura
Teor de água (%)	84,56±0,17
Cinzas (%)	1,77±0,04
pH	4,30±0,01
ATT (%ácido cítrico/100g)	0,16±0,22
SST (°Brix)	12,22±0,06
AR (g/100g)	10,44±0,00
AA (mg/100g)	260±0,01

Dados expressos como média de triplicata ± desvio padrão.

Os resultados encontrados nesta pesquisa referente ao teor de água, sólidos solúveis totais, açúcares redutores e acidez total titulável da maçã, obtidos neste estudo, corroboram com os valores encontrados por Santos et al., (2013) para as maçãs, Fuji e Gali *in natura*, os quais foram teor de água de 88,18%, 11°Brix, 12,03 de açúcares redutores e 0,21% de ácido málico/100g.

Os valores observados para o caju *in natura* de pH, sólidos solúveis totais, açúcares redutores e ácido ascórbico foram superiores aos encontrados por Alves, Machado e Queiroga (2011) que ao analisarem físico-quimicamente o caju encontraram valores de 3,71, 10,27°Brix e 8,32% e 161,39mg/100g. Entretanto, valores similares de teor de água, açúcares redutores e acidez total foram obtidos por Silva, Araújo e Alves (2010), 90%, 8,08% e 0,20% ácido cítrico.

De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011), quanto ao parâmetro referente ao teor de água, observa-se valores semelhantes, sendo 88,1% no caju e 84,3% na maçã. Em contrapartida, as análises físico-químicas referentes ao ácido ascórbico do caju e da maçã foram superiores aos valores da TACO (2011) que são respectivamente: 219,3 mg/100g e 2,4 mg/100g.

4.2 RESULTADOS QUALITATIVOS DOS TESTES ENZIMÁTICOS

As Tabelas 3 e 4 exibem os resultados qualitativos dos testes enzimáticos realizados com a enzima peroxidase.

Tabela 3 – Resultados do escurecimento após o branqueamento por imersão

Frutas	Tempo (minutos)		
	2	3	5
Maçã	++	+	++
Caju	++	+	+

Legenda: + = Sem escurecimento; ++ = Escurecimento moderado; +++ = Escurecimento intenso

Tabela 4 – Resultados do escurecimento após o branqueamento a vapor

Frutas	Tempo (minutos)		
	2	3	5
Maçã	+++	++	++
Caju	++	++	++

Legenda: + = Sem escurecimento; ++ = Escurecimento moderado; +++ = Escurecimento intenso

Verifica-se que entre os dois métodos de inativação enzimática, o branqueamento por imersão foi o processo que não apresentou escurecimento nas frutas, após o teste da enzima peroxidase, em pelo menos um período de tempo. O branqueamento por imersão por 3 minutos foi eficaz para maçã e para o caju observou-se que o tempo de 3 e 5 minutos foi satisfatório, porém, escolheu-se o tempo de 3 minutos devido as características sensoriais das amostras terem sido mais preservadas.

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E FÍSICA DAS FRUTAS DURANTE O ARMAZENAMENTO

As Tabelas 5 e 6 apresentam as análises físico-químicas que foram realizadas na maçã e no caju durante o período de armazenamento em freezer.

TABELA 5: Resultados das análises físico-químicas da maçã durante o período de armazenamento em freezer

Análises	Armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	120
Teor de água (%)	90,33±0,50	89,44±0,02	88,43±0,35	89,70±0,03	88,61±0,30
Cinzas (%)	1,28±0,30	1,42±0,01	1,25±0,02	1,66±0,24	2,73±0,38
Ph	4,18±0,01	4,13±0,01	4,20±0,01	4,00±0,01	3,97±0,01
ATT(%ácido málico/100g)	0,18±0,02	0,18±0,07	0,17±0,05	0,19±0,07	0,22±0,04
SST (°Brix)	10,53±0,01	8,90±0,07	10,23±0,06	9,18±0,07	9,29±0,06
AR (g/100g)	7,18±0,01	6,12±0,00	6,67±0,00	6,64±0,00	5,75±0,01
AA (mg/100g)	4,49±0,01	4,26±0,00	4,70±0,04	4,66±0,00	4,66±0,01

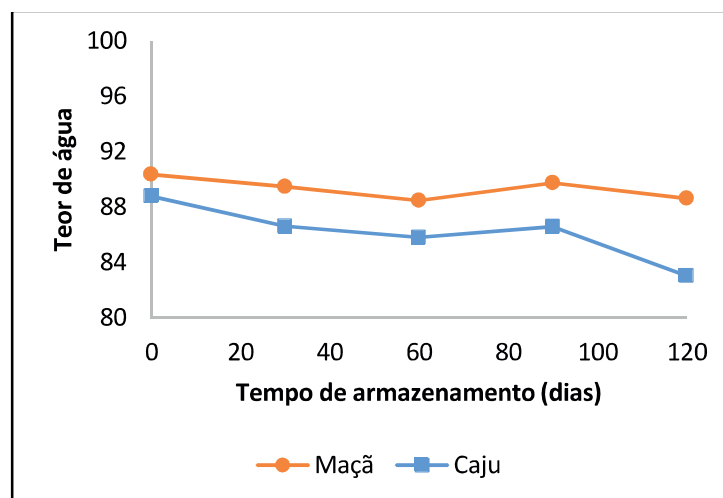
Dados expressos como média de triplicata ± desvio padrão.

TABELA 6: Resultados das análises físico-químicas do caju durante o período de armazenamento em freezer

Análises	Armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	120
Teor de água (%)	88,76±0,20	86,60±0,38	85,78±0,99	86,56±0,18	83,01±0,99
Cinzas (%)	2,17±0,10	2,23±0,07	2,81±0,20	3,12±0,16	4,75±0,12
pH	4,53±0,01	4,38±0,01	4,34±0,01	4,56±0,00	4,58±0,01
ATT (%ácido cítrico/100g)	0,23±0,09	0,31±0,20	0,24±0,01	0,21±0,02	0,19±0,01
SST (°Brix)	7,59±0,01	8,29±0,06	7,28±0,00	9,07±0,10	7,57±0,06
AR (g/100g)	7,95±0,01	7,86±0,01	8,12±0,00	8,37±0,00	7,95±0,01
AA (mg/100g)	115±0,00	58±0,02	65±0,01	96±0,00	63±0,02

Dados expressos como média de triplicata ± desvio padrão.

O teor de água para as amostras de maçã e caju apresentou variações entre 88,43-90,33%, 83,01-88,76%, respectivamente. Verifica-se para a maçã uma tendência de diminuição do teor de água até o final do armazenamento. Comportamento similar também para o caju, conforme a sua visualização na Figura 2.

**FIGURA 2 -** Relação do teor de água e do tempo de armazenamento da maçã e do caju.

Segundo Carvalho et al. (2011) para amostras congeladas a tendência é a redução do teor de água com o tempo de armazenamento que ocorre devido a diferença de temperatura entre produto e a atmosfera ao qual foi condicionado, a diferença na pressão de vapor produz um fluxo de umidade da superfície do produto congelado para o ambiente.

O teor de cinzas para as amostras de maçã e caju apresentaram valores mínimos e máximos de 1,25-2,73% e 2,17-4,75%, respectivamente. Essas diferenças provavelmente podem estar relacionadas a heterogeneidade das frutas tendo em vista que não se utilizou a mesma variedade. Na Figura 3, com relação as amostras de maçã, observa-se um comportamento estável, porém após 90 dias de armazenamento houve um acréscimo no teor de cinzas, com exceção do caju, todavia, constata-se que o mesmo apresenta variações nos tempos 60, 90 e 120 dias.

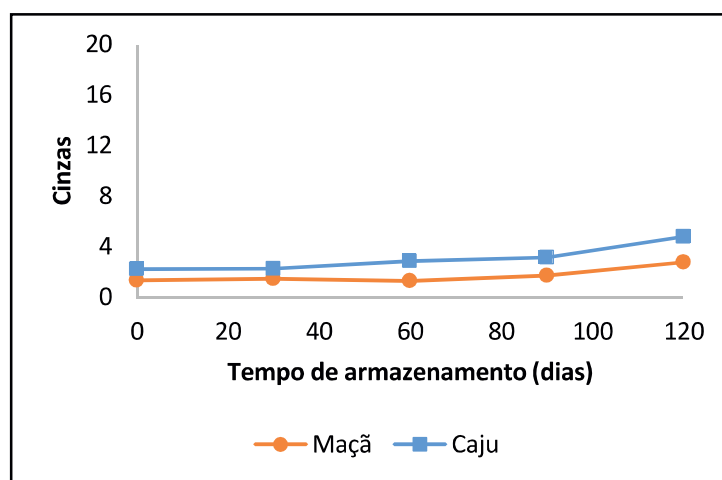


FIGURA 3 - Relação das Cinzas e do tempo de armazenamento da maçã e do caju.

Rodrigues (2013) ao analisar a polpa de kiwi armazenada por 120 dias verificou uma variação relevante no teor de cinzas, especialmente nos tempos 0 e 120 dias, porém, em 60 e 90 dias observou valores constantes, apresentando resultados similares com o presente estudo.

O pH e a acidez total titulável (ATT) da maçã e do caju permaneceram praticamente constantes durante todo o período de armazenamento, conforme Figuras 4 e 5.

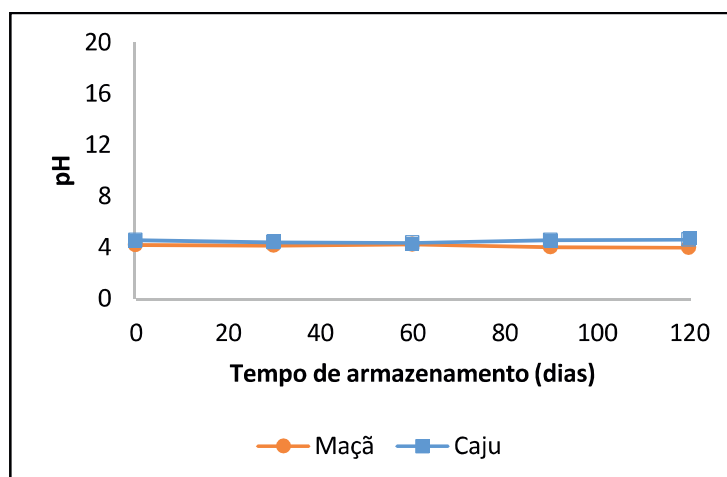


FIGURA 4 - Relação do pH e do tempo de armazenamento da maçã e do caju.

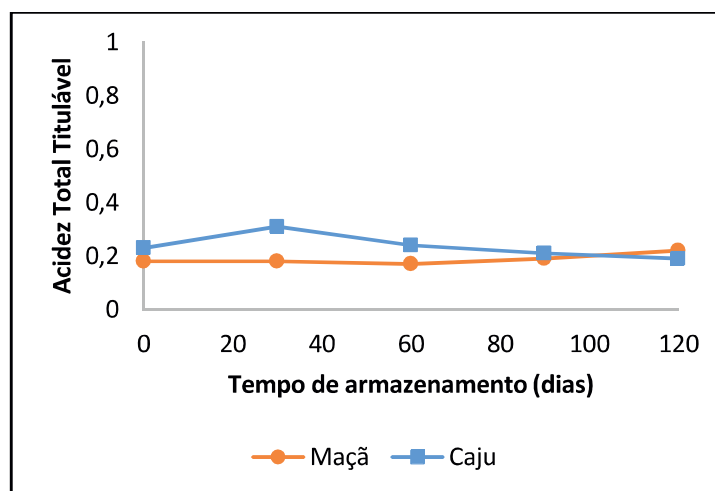


FIGURA 5 - Relação da Acidez Total Titulável e do tempo de armazenamento da maçã e do caju.

Brunini, Ribeiro e Silva (2010), obtiveram variações de 4,67 a 4,81 para o pH do suco integral de caju congelado e armazenado a -18°C durante um período de 11 semanas. Soares (2013) em seu estudo, observou pouca variação do pH (3,57 a 3,58) nas maçãs Eva orgânicas que armazenou durante 20 dias em uma temperatura de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$. Verifica-se que os resultados apresentaram comportamento semelhante aos reportados na literatura.

Brito (2013) que ao monitorar o armazenamento a -20°C da polpa de limão *Tahiti* por 180 dias observou uma diminuição na ATT. Entretanto, Soares (2013) avaliando maçãs Eva orgânicas durante 20 dias de estocagem observou um aumento no 20º dia de armazenamento. O autor explica a influência do pH no teor de acidez, podendo o decréscimo e o aumento da ATT nas frutas estar associados ao aumento e diminuição do pH, respectivamente.

O teor de sólidos solúveis totais para as frutas maçã e caju variaram entre 8,90-10,53°Brix e 7,28-9,07°Brix, respectivamente. A Figura 6 representa graficamente a quantidade de sólidos solúveis totais (SST) nas frutas durante 120 dias de armazenamento.

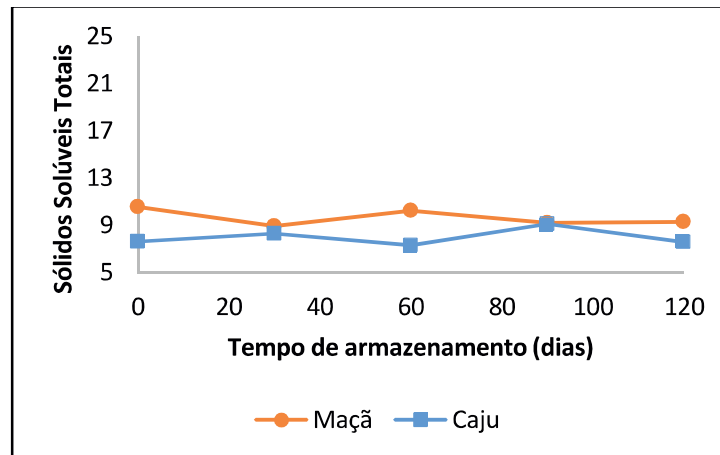


FIGURA 6 - Relação dos Sólidos Solúveis Totais e do tempo de armazenamento da maçã.

No tempo zero (0) considerado pós-branqueamento, as amostras de caju e maçã apresentaram um decaimento de SST em relação as amostras *in natura*, em consequência provavelmente da perda de componentes solúveis por lixiviação após o citado processo. Variações de 10,02 a 10,92 de SST foram reportadas por Brunini, Ribeiro e Silva (2010) para o suco integral de caju congelado e armazenado por 11 semanas e por Brito (2013) de 7,3 a 8,2 durante 180 dias de armazenamento das polpas de limão.

Durante o período de armazenamento as amostras apresentaram variações no teor de SST, gerando alguns picos que podem ser constatados visualmente. Com relação a diminuição pode ser atribuída possivelmente ao fenômeno do descongelamento. De acordo com Pereira et al (2016), estas variações podem também estar diretamente relacionadas pela presença de ácidos orgânicos que ficam dispersos no suco celular e que são processados como sólidos solúveis ocasionando tal aumento.

Com relação aos açúcares redutores para as amostras de maçã ocorreu uma diminuição ao longo do armazenamento, variando entre 5,75 e 7,18. Para o caju as variações foram entre 7,86 e 8,37. A Figura 7 é uma representação gráfica do percentual de açúcares redutores presentes em amostras de maçã e de caju em função do período de armazenamento.

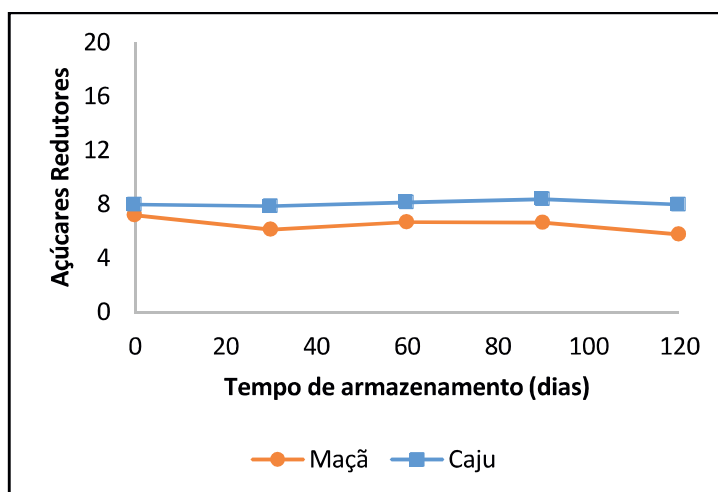


FIGURA 7 - Relação dos Açúcares Redutores e do tempo de armazenamento da maçã e do caju.

Silva et al. (2010), observaram estas variações ao avaliar a estabilidade da polpa de bacuri durante 12 meses de armazenamento, obtendo resultados entre 7,32 e 8,82%. Similarmente, Brito (2013) ao analisar as polpas de limão durante o armazenamento de 180 dias também verificou estas oscilações, obtendo valores entre 1,30 e 2,01%. A autora relaciona o aumento dos açúcares redutores com a diminuição da atividade de água durante o congelamento e a hidrólise da pectina em meio ácido que resulta em açúcares de baixo peso molecular. Além disso, o teor de açúcar no fruto está intrinsecamente relacionado com o genótipo, manejo de cultivo, ambiente e estágio de maturação do mesmo (FERREIRA et al., 2009).

Nas análises do teor de ácido ascórbico da maçã foi possível observar variações entre 4,26 e 4,70 mg/100g e do caju entre 58-115 mg/100g. As Figura 8 e 9 mostram os valores do ácido ascórbico (AA) presente nas amostras de maçã e caju durante o período de estocagem.

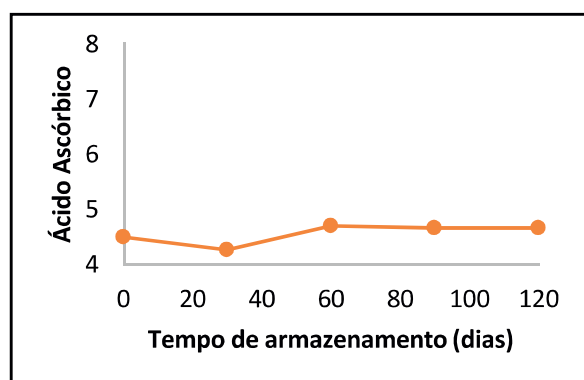


FIGURA 8 - Relação do Ácido Ascórbico e do tempo de armazenamento da maçã.

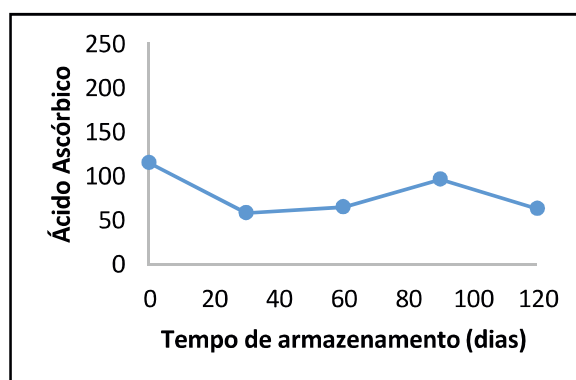


FIGURA 9 - Relação do Ácido Ascórbico e do tempo de armazenamento do caju.

Segundo Pita (2012), há variação do AA com o aumento/diminuição da acidez. Além disso, Pereira et al. (2016) relacionam essas oscilações na concentração do teor de AA com as temperaturas que os frutos foram armazenados e por serem colhidos em tempos diferentes.

De acordo com as análises é possível inferir que o caju mesmo após o tratamento térmico e durante o armazenamento apresentou uma quantidade relevante de AA. Resultados similares foram encontrados por Brunini, Ribeiro e Silva (2010) que apesar de verificarem alterações no AA no suco de caju congelado e armazenado a -18°C por 6 semanas, observaram que comparado com outras polpas a perda foi pequena variando entre 102,75 e 83,45. Os autores explicam que possivelmente essa pequena perda pode ser atribuída ao tempo de armazenamento e devido aos antioxidantes presentes no caju.

A diminuição da concentração de AA neste estudo também pode ter sido resultante da embalagem utilizada de polietileno de baixa densidade, assim como, do descongelamento que arrasta junto ao líquido do degelo quantidades significativas de vitaminas hidrossolúveis, como o AA.

Na Tabela 7 estão dispostos os valores médios de luminosidade (L^*) das frutas após serem submetidas aos métodos de inativação enzimática e em seguida ao congelamento em freezer na temperatura de $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por um período de 120 dias.

TABELA 7: Resultados médios da luminosidade (L^*) da maçã e do caju durante o período de armazenamento em freezer

Amostras	Armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	120
Maçã	66,54	63,22	62,77	61,92	57,87
Caju	73,37	72,64	71,41	70,22	68,38

Dados expressos como média de triplicata.

Verificou-se escurecimento em todos os produtos ao longo da estocagem provavelmente relacionados à fatores como, elevações do teor de água e da atividade de água, degradações de ácidos orgânicos e açúcares, presença de oxigênio dentro da embalagem, assim como também a possibilidade de não ter ocorrido a total inativação enzimática, pois as enzimas mesmo em temperaturas muito baixas, congelamento, poderão realizar reações de mudanças de cor nos produtos alimentícios.

Na Tabela 8 são demonstrados os valores médios de intensidade de vermelho (+a*) das frutas durante o período de armazenamento congelado.

TABELA 8: Resultados médios da intensidade de vermelho (+a*) da maçã e do caju durante o período de armazenamento em freezer

Amostras	Armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	120
Maçã	3,93	2,83	1,85	1,35	1,03
Caju	0,61	0,55	0,31	0,53	0,52

Dados expressos como média de triplicata.

Reduções de intensidade de vermelho podem ser explicados devido a diminuição dos pigmentos avermelhados tanto para a maçã como para o caju. Na Tabela 9 estão apresentados valores médios de intensidade de amarelo (+b*) das frutas e hortaliças durante o período de armazenamento congelado.

TABELA 9: Resultados médios da intensidade de amarelo (+b*) da maçã e do caju durante o período de armazenamento em freezer

Amostras	Armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	120
Maçã	30,59	32,18	32,22	33,31	37,13
Caju	36,69	35,56	27,86	26,30	24,28

Dados expressos como média de triplicata.

Observa-se uma predominância da intensidade de amarelo em todas as amostras em relação a intensidade de vermelho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os métodos de inativação enzimática avaliados observou-se que o melhor método de branqueamento para as frutas caju e maçã foi por imersão e o melhor tempo para aplicar esse processo em ambas as frutas foram 3 minutos.

Os resultados das caracterizações física e físico-química realizadas nas frutas durante o período de armazenamento apresentaram alterações nos respectivos parâmetros analisados. Entretanto, com relação ao ácido ascórbico apesar de ter ocorrido uma diminuição, ainda é considerado bastante significativo.

EVALUATION OF ENZYMATIC INACTIVATION METHODS DURING FREEZING OF APPLE AND CASHEW APPLE

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate enzymatic inactivation methods to prevent browning in fruits (apple and cashew apple), when they are subjected to the food preservation method: freezing. Two methods (blanching in boiling water and in steam) were tested at three different time intervals, 3, 4 and 5 minutes. The best time was chosen and the process was applied in both fruits. Physical and physicochemical analysis were performed on the following parameters: water content (%), ash content (%), pH, titratable acidity (g of the acid/100g), total soluble solids (°Brix), reducing sugars glucose (%), ascorbic acid (mg/100g) and color in fresh fruits and before freezing considered as time zero. Furthermore, samples were stored at $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ for a period of 120 days and they were taken to execute the previous analyzes into 30-day intervals. The best time and method applied in both fruits, apple and cashew apple, were blanching in water for 3 minutes. Physical and physicochemical characterization results performed on fruits during the storage period indicated changes on the parameters studied. However, despite decrease, the ascorbic acid was still quite significant.

Keywords: Blanching. Vegetables. Enzymatic Browning.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. L. B.; FREITAS, W. E. S.; SARMENTO, J. D. A.; DE MORAIS, P. L. D.; DA SILVA, G. G.. Qualidade pós-colheita de pedúnculos de cajueiro submetido a dois métodos de colheita e mantidos sob refrigeração. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n.3, p. 168-173, 2011.

ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H.. Alimentos produzidos a partir de farinha de caju, obtida por secagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.3, p. 131-138, 2011.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2016. 66 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2016. 90 p.

BARBOSA, L. S.; MACEDO, J. L.; DOS SANTOS, C. M.; MACHADO, A. V.. Estudo da secagem de frutos tropicais do Nordeste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 186-190, 2014.

BITTERN COURT, C. C.; MATTEI, I. F.; ROBERTO DE SANT'ANNA, P.; LONGO, O. C.; BARONE, F. M.. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e *packing house*. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 4, p. 1199-1222, 2011.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitária. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Brasília: Editora MS. 2008, 1017p.

BRITO, K. D.. Estudo experimental do limão tahiti (*citrus latifolia tanaka*): congelamento e caracterização termo-físico-química e sensorial da polpa e aproveitamento do albedo na síntese de pectinase. 2013. 130f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2013.

BRUNINI, M. A.; RIBEIRO, C. T.; SILVA, F. P.. Qualidade de polpa de goiaba, manga e de suco de caju, laranja, e uva congelados e armazenados a -18°C . **Nucleos**, v.7, n. 1, p. 285-294, abr. 2010.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; BOSCO, L. C.; PAULA, V. A.; NACHTIGAL, G. R.. Unidades de frio para macieiras na região de Vacaria – RS, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 289-295, 2015.

CARVALHO, A. V., SECCADIO, L. L., SOUZA, T. C. L., FERREIRA, T. F.; ABREU, L. F.. Avaliação físico-química e sensorial de mandioca pré-processada armazenada sob congelamento. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, 2011.

CLERICI, M. T. P. S.; SEBASTIÃO, R. H.; OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, L. M.; MORAES, A. L. L.; CLARETO, S. S.. Escurecimento enzimático: uma aula prática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 12, n. 2, p. 71-90, 2014.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **A cadeia produtiva do caju**. Área de Gestão dos Empreendimentos de Irrigação. Boletim Informativo dos Perímetros da Codevasf n° 10, 4p, agosto de 2012.

COSTA, A. S.. Determinação da atividade enzimática e antioxidante de variedades comerciais de *Ananas comosus* e avaliação do efeito de tratamento térmico e do uso de aditivos químicos. 2011. 85f. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – BA, 2011.

DENOYA, G. I.; ARDANAZ, M.; SANCHO, A. M.; BENÍTEZ, C. E.; GONZÁLEZ, C.; GUIDI, S.. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. **RIA. Rev. investig. agropecu.**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires , v. 38, n. 3, p. 263-267, 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142012000300010&lng=es&nrm=iso>. Acessado em: 28/02/2017.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acessado em: 20/01/2017.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.

FERREIRA, R. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, P. A.; QUEIROZ, R. F.; FILHO, F. S. T. P.; Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.2, p.13-16 abril/junho de 2009.

FIORAVANÇO, J. C.; LAZZAROTTO, J. J.. A cultura da macieira no Brasil: reflexões sobre produção, mercado e fatores determinantes da competitividade futura. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 42, n. 4, jul/ago 2012.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Alimentos vs. Doenças. Editora Insumos, n. 12, p. 18-33, 2010. Disponível em <<http://www.revista-fi.com/materias/132.pdf>>. Acessado em 22 de Maio de 2017.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Enzimas. Editora Insumos, n. 16, p. 26-37, 2011. Disponível em <<http://www.revista-fi.com/materias/166.pdf>>. Acessado em 23 de Abril de 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. V.1 Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo-SP, 1985.

IOANNOU, I.; GHOUL; MOHAMED.. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. **European Scientific Journal, ESJ**, v. 9, n. 30, p. 310-341, 2013.

KUMAR, V.; SINGH, D.; SANGWAN, P.; GILL, P. K.. Global Market Scenario of Industrial Enzymes. In: VIKAS BENIWAL, V.; SHARMA, A. K. Industrial Enzymes: Trends, Scope and Relevance. New York: Nova Science Publishers, p. 173-196, 2014.

LEITE, C. A. et al. Processamento e Avaliação físico-química do fermentado de caju + umbu-cajá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.8, n. 1, p. 98-103, 2013.

LOIZZO, M. R.; TUNDIS, R.; MENICHINI, F.. Natural and synthetic tyrosinase inhibitors as antibrowning agents: an update. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 4, p. 378-398, 2012.

LSPA: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 29, n. 12, p. 1-82, dez/2016.

MELO, E. A.; M, M. I. S.; DE LIMA, V. L. A. G.; DO NASCIMENTO, R. J.. Capacidade Antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências e Farmacêuticas**, v.44, n.2, p. 193-201, 2008.

MEDEIROS, M.J.M.; SILVA, J. F.; FAUSTINO, M. V. S.; SANTOS, M. F. G.; ROCHA, L. C. S.; CARNEIRO, L. C.. Aceitação sensorial e qualidade microbiológica de trufas de caju obtidas artesanalmente. **Holos**, v. 2, p. 77-86, 2012.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MOURA, L. C.. Gerenciamento de resíduos de uma indústria de suco de caju. 2012. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição), Universidade Federal do Piauí, Picos – PI, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. D.. Produção de enzimas por fungos em fermentação semi-sólida utilizando bagaço de coco e pedúnculo de caju como substratos. 2014. 121f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química). Universidade Defederal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2014.

OLIVEIRA, T. M.; SOARES, N. F. F.; DE PAULA, C. D.; VIANA, G. A.. Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 117-128, 2008.

PEREIRA, E. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V. R. L.; PORTO, R. M.; OLIVEIRA, M. I. V.; MAGALHAES, W. B.. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**. v. 37, n. 1, p. 19-22, 2016.

PITA, J. S. L.. Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo. 2012. 77f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga – BA, 2012.

PROVESI, J. G.; AMANTE, E. R.. Revisão: proteínas anticongelantes – uma tecnologia emergente para o congelamento de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 2-13, 2015.

RECH, S.; CARIO, S.A.F.; AUGUSTO, C.A.. Avaliação conjuntural da produção e comercialização da maçã em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. *Indic. Econ. FEE*, v 42, n.1, p. 81-98, 2014.

RODRIGUES, D. P.. Efeito do congelamento sobre a estabilidade da polpa de kiwi adicionada de extrato aquoso de pólen apícola. 2013. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

SANTIAGO, A. M. Apostila do curso de tecnologia dos alimentos. 176f, Campina Grande – PB, 2008.

SANTOS DE JESUS, M. M; GUITIERREZ CARNELOSSI, M.A; SANTOS, S. F; NARAIN, N; CASTRO, A. A. inibição do escurecimento enzimático de quiabo minimamente processado. Universidade Federal do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, Ceará, v.39, n.4, p. 530-534, 2008.

SANTOS, M. L.; MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S.; COSTA, A. P. L. M.. Estudo físico-químico de maçã desidratada em secador convectivo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 30-37, 2013.

SILVA, M. E.; ARAÚJO, G. T.; ALVES, J. J. N.. Avaliação das características físico-químicas da polpa do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.) visando obter um fermentado para a produção de etanol hidratado. In: Congresso Químico do Brasil, 1., 2010. João Pessoa. Resumos... João Pessoa: Instituto Federal da Paraíba, 2010.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B.. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.

SILVA, V. K. L. da.; FIGUEIREDO, R. W. de.; BRITO, E. S. de.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, A. T. de. Estabilidade da polpa do bacuri (*Platonia insignis* Mart.) congelada por 12 meses. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.34, n.5, p. 1293-1300, set./out. 2010.

SOARES, L. P. R.. Conservação frigorificada da maçã “Eva” orgânica com aplicação de cloreto de cálcio. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu – SP, 2013.

SUCUPIRA, N. R.; DA SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; DA COSTA, J. N.. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011, 161 p.

VITTI, M. C. D.; SASAKI, F. F.; MIGUEL, P.; KLUGE, R. A.; MORETTI, C. L.. Activity of enzymes associated with the enzymatic browning of minimally processed potatoes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 5, p. 983-990, 2011.